

Requerimientos para la implementación de un sistema de monitoreo energético integrado en el campus Zamorano

Santiago Paúl Carrera Osorio

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERIA EN AMBIENTE Y DESARROLLO

Requerimientos para la implementación de un Sistema de monitoreo energético integrado en el campus Zamorano

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
Al título de Ingeniero en Ambiente y Desarrollo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Santiago Paúl Carrera Osorio

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Requerimientos para la implementación de un sistema de monitoreo integrado que promueva la conciencia de consumo energético en el campus Zamorano

Santiago Paúl Carrera Osorio

Resumen. El presente estudio describe los requerimientos necesarios para implementar un sistema integrado para el monitoreo y control del consumo de energía eléctrica en la Escuela Agrícola Panamericana. El objetivo es realizar un diagnóstico mediante el desarrollo de un análisis FODA del sistema actual de gestión energética en el campus Zamorano, identificando los aspectos necesarios para integrar un sistema de registro de datos. Se analizó la distribución de contadores energéticos y se determinó la distancia entre ellos. De igual forma se verificó la congruencia de la red internet con la transferencia y almacenamiento de datos hacia un servidor. Los resultados demostraron que existen 197 contadores energéticos de los cuales 16 son digitales y aptos para la transmisión en forma automatizada. El análisis de registros históricos demostró que el consumo energético incrementa anualmente y la necesidad de implementar controles horarios de consumo y demanda energética. Como resultado del diagnóstico se identifica la necesidad de instalar contadores digitales Power Logic® PM700 adicionales y sectorizar el registro de datos de consumo. El análisis de la red demostró que Zamorano cuenta con la infraestructura necesaria para la transferencia y almacenamiento de datos a través de sus servidores, aunque es necesario fortalecer acceso a red de internet en sectores alejados del campus como Zona 3. Se concluye que Zamorano necesita garantizar el acceso a red de internet, instalar contadores digitales, mejorar la metodología de recolección y análisis de datos para implementar un sistema integrado de monitoreo.

Palabras clave: Contadores energéticos, demanda energética, Power Logic®, sistema integrado de monitoreo.

Abstract. The present study describes the requirements to implement an integrated system for the monitoring and control of energy consumption in the Panamerican School of Agriculture. The goal was to assess the current system of energy management at Zamorano by performing a SWOT analysis that allows the identification of necessary resources to integrate a data logging system. The distribution of existent energy counters and the distance between them were determined. In the same way, the internet network and server capacity for data transfer and storage were verified. The results showed the existence of 197 energy counters, 16 of which are digital and suitable for automated data transfer. Also, the analysis of historical records showed that the energy consumption increases every year and this results in the need to implement hourly control of energy consumption and demand. As a result of the study, the installation of additional automated Power Logic® PM700 counters is required for proper energy management system, which allows appropriate consumption data record. Network analysis showed that Zamorano has appropriate infrastructure for data storage and transfer, although it is necessary to strengthen access to internet network in distant areas such as in Zone 3. It is concluded that Zamorano needs to guarantee the access to internet network, install digital counters, improving the methodology of data logging and its proper analysis to implement an integrated system of monitoring.

Key words: energy meters, energy demand, integrated monitoring system, Power Logic®.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA	5
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	20
5. RECOMENDACIONES.....	21
6. LITERATURA CITADA	22
7. ANEXOS	24

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

		Página
Cuadros		
1.	Edificaciones de Zamorano que comparten contadores energéticos.....	8
2.	Edificaciones que tienen instalado contador digital Power Logic® PM700.....	8
3.	Promedio mensual de demanda mínima energética (kW) de Zamorano registrado en tres diferentes medios de control.....	12
4.	Promedio mensual de demanda máxima energética (kW) de Zamorano registrado en tres diferentes medios de control.....	12
5.	Registro de consumo energético a través de tres medios de control (kWh).....	13
6.	Segmentación de la red de Zamorano..	14
7.	Análisis FODA del sistema de gestión energética de Zamorano.	16
8.	Requisitos de los contadores digitales para la transferencia de datos en un sistema integrado de monitoreo.....	18
9.	Presupuesto para cambio de contadores análogos a digitales en Zamorano.	18
10.	Presupuesto de mejoras en la red de internet de Zamorano.	19
Figuras		
1.	Mapa localización de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.....	5
2.	Mapa de distribución general de contadores energéticos en campus Zamorano.....	7
3.	Distribución de contadores digitales Power Logic® PM700, sector 1.....	9
4.	Distribución de contadores digitales Power Logic® PM700, sector 2.....	10
5.	Distribución de contadores digitales Power Logic® PM700, sector 3.....	11
6.	Distribución de contadores digitales Power Logic® PM700, sector 4.....	11
Anexos		
1.	Presupuesto de mejoras en los requerimiento de un sistema de monitoreo integrado en Zamorano.....	24
2.	Distribución de contadores energéticos análogos en campus Zamorano.	26
3.	Especificaciones técnicas contadores energéticos Power Logic® PM700.	31
4.	Elementos necesarios para implementar un sistema de monitoreo integrado en Zamorano.....	33
5.	Formato de control energetico realizado por Planta Física para Zamorano.	34
6.	Formato de control energetico realizado por la Empresa Nacional de Energia Electrica (ENEE) para Zamorano.	35

1. INTRODUCCIÓN

El consumo mundial de energía ha registrado un aumento de aproximadamente un 11 % en los últimos 5 años, siendo el elevado crecimiento económico y la competencia en mercado las razones más importantes. Según las proyecciones, la producción total de energía va aumentar en más de un 20% entre el 2016 y el 2040, fomentando el uso de energías renovables, gas natural y energía nuclear (Eenergy Internacional Association, 2017). Los principales rubros de consumo energético son el industrial, comercial, servicio de salud, agricultura y residencial. Se han propuesto dos teorías sobre el consumo energético, la teoría de la optimización la cual describe que si aumenta el consumo aumenta la optimización y la neutral que menciona que el crecimiento social carece de efecto sobre el control energético de la sociedad. Por otra parte si se implementa el monitoreo y control energético, el comportamiento para reducir el consumo per cápita aumenta (Cabrera y Ruiz, 2012).

La producción de energía eléctrica que se origina con la quema de combustibles fósiles, contribuyó en un 49.04% al total de emisiones en el 2014 proyectando un valor de 49.92 % para finales de 2016 (Banco Mundial, 2017). El factor de emisión por cada kWh generado de matriz no renovable de Honduras se situó en 651.2 gramos de CO₂, este valor puede variar entre los países de América latina. La acumulación de estas emisiones han desencadenado en problemas como el efecto invernadero, dentro de los combustibles fósiles que más emisiones genera se encuentra el carbón natural con 983 gramos de CO₂, diésel 897 gramos y el gas natural que genera aproximadamente 354 gramos (Saiz, 2016).

El consumo de energético es un tema discutido a nivel mundial, ya que se ha convertido en indicador de desarrollo o cambio de un país. El consumo de energía se define como la cantidad de energía consumida para un proceso designado durante un período de tiempo, la energía que se necesita para satisfacer la demanda energética y se mide en Kilovatio hora (kWh). Asimismo se lo puede clasificar como consumo residencial, comercial o industrial, dependiendo de las necesidades del país el porcentaje de consumo para cada sector es variable (Häfele, 2005).

Por otra parte, la demanda energética se define como la carga en kW que requiere un sistema para operar. Es la demanda que ejercen los usuarios finales como los que están implicados en el área residencial, comercial, industrial, etc. En otras palabras la energía que se requiere en una edificación para que el usuario logre condiciones de confort. La demanda energética tiende a variar con el paso del tiempo ya que está ligada a los incrementos en producciones o adquisición de bienes durables (como por ejemplo electrodomésticos) dentro de los sectores anteriormente mencionados (Häfele, 2005).

Los sistemas de gestión energética constituyen herramientas de ahorro energético y económico que se viene aplicando en la última década. La implementación de un sistema de gestión energética en una organización, es uno de los factores más importantes dentro de un plan de eficiencia energética (Rodríguez, 2014). Su importancia ha crecido a nivel que los gobiernos de Latinoamérica, como en el caso de Ecuador que dentro de sus planes energéticos estratégicos de gobernanza, incluyo el Plan Nacional para el Buen vivir 2009-2013 (Inga, Arias, Orejuela y Ortega, 2013). Esto ha desarrollado que la aplicación de los sistemas de gestión energética se ha modificado con el paso del tiempo, acoplándose a las necesidades de quienes lo aplican. Numerosas empresas han tomado la decisión de adoptar un nivel de gestión energética, con el objetivo de reducir los costos energéticos mediante la creación de organización técnica empresarial (Yanes y Gaitán, 2005).

La ISO 50001 es una norma creada por La Organización Internacional de Normalización, creó la ISO 50001 con el objetivo de influir en la regularización de hasta un 60% el consumo de energía a nivel mundial. La ISO 50001 consiste en el enfoque de mejora continua que se puede resumir en cuatro pasos; planificar, hacer, verificar y actuar. Es la primera certificación internacional para los Sistemas de Gestión Energética y provee los requerimientos y beneficios de gestionar la energía para organizaciones públicas o privadas indistintamente del sector a que pertenezcan. Esta norma permitirá que las organizaciones creen un método para que se mejore el desempeño energético, creando así en el ámbito financiero reducción de costos y la mejora de estrategias ambientales (Organización Internacional de Normalización, 2011). Además establece un marco internacional para conseguir como resultados a largo plazo el aumento de la eficiencia energética en más del 20% y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), (McKane et al., 2009).

A través de la norma ISO 50001, se puede mejorar el desempeño energético para así identificar las oportunidades de mejora, define los requisitos en relación al compromiso de la empresa mediante el apoyo al sistema de gestión de la energía. Además identifica los requisitos para la creación de políticas energéticas, estableciendo un plan de mejora en el balance energético y la verificación mediante auditorías internas programadas, que fomentan el monitoreo digital para el control y análisis del sistema de distribución energético. El monitoreo es la herramienta para verificar la eficacia de las estrategias planteadas inicialmente en la norma, que conducen a una administración energética sostenible (Organización Internacional de Normalización, 2011).

Dentro de la gestión energética de cualquier empresa, institución y edificación se establece la necesidad del monitoreo continuo de variables energéticas, esta herramienta es el primer paso hacia un balance entre los sectores financieros y energéticos. El monitoreo energético se puede realizar mediante sistemas operativos computarizados que funcionan a través de una dirección Internet Protocol (IP), tiene la capacidad de generar datos que miden algunas variables como voltaje, amperaje, armónicos, energía activa y reactiva del sistema. La generación de datos se transfiere a través de la red de internet, con el objetivo de analizar las posibles fallas del sistema para la ejecución de planes de acción. El sector residencial en Colombia ha evolucionado en gestionar su control y consumo energético, desarrollo el programa o Software Arduino, el cual sirve para gestionar consumo de luminarias transferencia energética a través de un “diodo emisor de luz” (LED) en hogares. Se

configura al servidor Web Windows Azure® donde se guardan los consumos diarios (Vega, Santamaría & Rivas, 2014).

En cambio el sector industrial de Colombia ha creado un modelo de gestión integral de la energía (MGIE), desarrollando experiencias de gestión energética nacionales e internacionales. En los últimos quince años este sector se desarrolló creando una gestión integrada a todas las empresas incluyendo áreas de trabajo productivo y gerencial. Mediante esto se inició el control energético diario de cada industria, evaluando los consumos y analizando las posibles fallas en los sistemas de distribución, generando posibles soluciones. Este sistema de control inició con la implementación de la ISO 50001, integrando conceptos se incluyó medidores de control en el área de producción de todas las industrias. Los resultados demostraron que la energía reactiva se redujo en un 7%, esto ocasionó que el factor de potencia se estabilice y se eviten el pago de multas según sea el caso (Campos, Prias, Quispe & Vidal, 2008).

Con el propósito de identificar oportunidades de ahorro energético, la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano realizó una auditoría de eficiencia energética con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Entre los hallazgos encontrados se hace referencia a que Zamorano carece de un sistema de monitoreo y control de consumo energético. Además menciona que para obtener una estimación del costo capital y ahorro de energía es necesario poseer más datos que solo un sistema integrado los daría como resultado (BID, 2013).

Entre los hallazgos reportados por el BID dentro de la auditoría realizada se menciona, la existencia de un sistema de medición de energía que consiste en siete medidores digitales, instalados para monitorear las instalaciones industriales del campus. De igual forma menciona que el sistema debe ser mejorado actualizándolo a una versión más reciente del software, además de instalar medidores adicionales en otros lugares sensibles al consumo de energía como el puesto de ventas, servicios públicos y los grandes circuitos residenciales. Mediante la implementación de un sistema de gestión energética, Zamorano podría lograr beneficios como entender, controlar y reducir los cargos pagados en la factura de servicios públicos por la demanda eléctrica en kW. Así como monitorear cualquier medida de eficiencia energética implementada, asignar costos de energía, establecer índices de energía para diferentes instalaciones y monitorear la calidad energética total de energía o de instalaciones especiales como el centro de datos (BID, 2013).

Adicionalmente, el escenario del consumo energético ha cambiado en Zamorano a partir de la introducción del parque solar en el mes de julio del 2016, proyectando la cobertura del 30% del consumo energético mediante su conexión a la red interna del campus. A pesar que el equipo de generación cuenta con un sistema automatizado de monitoreo y registro de datos, la carencia de un sistema de control de la demanda energética no permite validar el balance de la producción y el consumo de energía en la institución, o las pérdidas por inyección a la red nacional.

El sistema de monitoreo energético, desarrollado como herramienta de control de consumos donde se fomente políticas de ahorro, bonos de energía y tarifa diferenciada puede generar la planificación y el control de los recursos energéticos. El reto para el mundo es establecer dicho control y garantizar el cumplimiento de las normativas regidas por el sector estatal (Cornelio y Caedentey, 2016).

En Zamorano es necesario implementar un sistema de control energético que permita trabajar con las necesidades del sistema actual. Teniendo un sistema de control se puede trabajar diariamente en los picos máximos de consumo, se pueden evitar sanciones económicas, promover tecnologías alternativas para generación de energía y la creación de políticas internas de consumo energético. Finalmente se puede trabajar con los altos consumidores del campus y promover que sean más eficientes en el consumo energético por unidad producida.

Un sistema de monitoreo del consumo energético en el campus Zamorano, contribuirá a la mejora del sistema de gestión del recurso, el registro de la eficacia en implementación de medidas de ahorro y el balance energético de la Institución. El presente estudio comprendió los siguientes objetivos:

- Desarrollar un inventario del equipo disponible para el monitoreo de energía con sus respectivas especificaciones.
- Analizar los registros de demanda energética y mecanismos utilizados para su obtención.
- Identificar los requerimientos para la puesta en marcha de un sistema de monitoreo integrado.

2. METODOLOGÍA

Sitio de estudio.

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. El campus cuenta con varias edificaciones entre ellas están; oficinas, salones de clases, laboratorios, plantas de producción, residencias estudiantiles y docentes. El área de estudio fue de 561 hectáreas, teniendo la mayor concentración de contadores en 499 hectáreas (Figura 1).

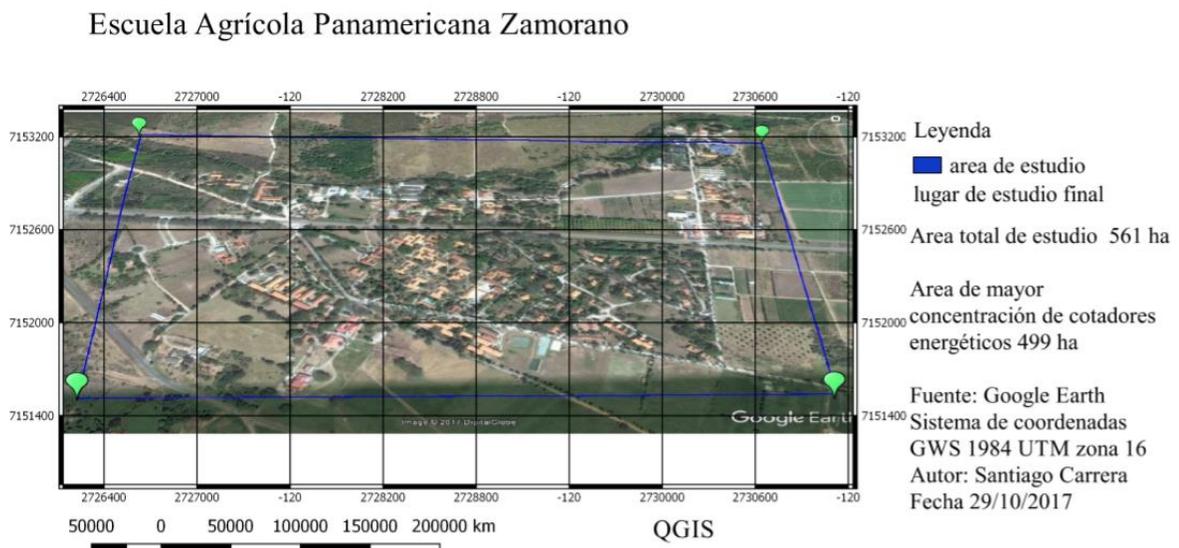


Figura 1. Mapa localización de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Inventario de equipo para monitoreo de energía en campus Zamorano.

Se solicitó la información de registros de consumo energético a la Dirección General de Planta Física. Se identificaron las edificaciones que poseen contador energético según los registros entregados, validando la información mediante un recorrido del campus para georreferenciar la ubicación de los contadores energéticos análogos y digitales, utilizando un GPS marca Garmin®. Se incluyeron salones de clases, edificaciones, residencias y plantas de producción. Luego se digitalizó un mapa de distribución general para contadores energéticos.

Análisis de la demanda energética de Zamorano.

Mediante la entrega de los datos por parte de Planta Física, se realizó el análisis a través de cuadros de consumo y demanda energética. Se entrevistó a la persona encargada de llevar los registros energéticos en Zamorano, para obtener información sobre la metodología de medición de consumo energético. Por ejemplo se determinó la frecuencia de las mediciones, formatos de registro y el número de contadores incluidos dentro de esta medición. Posterior a esto se realizó un cuadro de los mecanismos utilizados en la medición. En la revisión de la facturación se analizó la demanda registrada al mes para concluir si existen multas dentro del pago que realiza Zamorano. Los datos que proporciona Planta Física son datos netamente de consumo energético, no evalúan otras variables porque su registro es manual.

Para poder comparar los registros de consumo y demanda se solicitó la información de registro que posee la Empresa Eléctrica Honduras (EEH). La EEH es el encargado de la administración de la energía eléctrica en Honduras, también de la distribución de energía y tiene como pilares fundamentales proveer de servicio a toda la población del país. La empresa posee tarifas bien definidas para el pago de energía mensualmente, Zamorano está clasificado como alto consumidor industrial. Mediante esta tarifa la demanda que debe tener Zamorano mensualmente como máximo es 2500 kW al mes (ENEE, 2013). Los registros que posee la empresa son diarios y se generan a través de la subestación que se encuentra en el campus, se registra consumo de energía además de variables como voltajes, amperajes, energía reactiva y demanda en intervalos de 15 min.

Identificación de requerimientos para sistema de monitoreo.

Un sistema de monitoreo energético requiere una gestión integrada por cada edificio, complementando actividades diarias, hábitos generales y compararlos con el consumo generado. Además de tener un sistema de red que pueda transferir los datos generados, dispositivos de control que cuenten con la capacidad de integrarse a un servidor que genere una base de datos (Campos et al., 2008). En esta base de datos se puede entender la demanda eléctrica (kW), monitorear medidas de eficiencia energética, asignar costos de energía dentro del presupuesto anual, fallas en el sistema de distribución, monitorear calidad energética e identificación de un equipo dañado si fuese el caso (Suarez & Delgado, 2012).

Para identificar si Zamorano cuenta con todos los requerimientos que integren un sistema de monitoreo, se elaboró una lista de los requisitos y se verificó mediante una auditoría. Dentro de la auditoría se analizó la red de internet, distancias entre equipos de control, características de contadores energéticos y administración de datos por el ente regulador. Para Zamorano el ente regulador es Planta Física, posteriormente se desarrolló el análisis FODA incluyendo a los actores principales de la administración energética en Zamorano, participó la Unidad de Planta Física, Dirección del departamento de Ambiente y Desarrollo y la Unidad de Informática y tecnología (IT).

Se priorizaron las necesidades para instalar el sistema de monitoreo en todo el campus. Se entrevistó a la persona encargada de la jefatura de Informática y tecnología (IT) en Zamorano para determinar las características de la red, tipos de servidores y modo de transferencia de datos. Adicionalmente se analizó cómo funciona la red de internet con el fin de entender que Zamorano cumple los requerimientos y puede proporcionar la integridad al sistema de monitoreo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inventario de equipo para monitoreo de energía en campus Zamorano.

Fue desarrollado un inventario georreferenciado de los contadores energéticos dentro del campus. El campus central cuenta con 110 contadores energéticos, de un total de 197 contadores energéticos; de los cuales análogos son 181 y 16 digitales de la marca Schneider Power Logic® PM700. Internamente se encuentran distribuidos por sectores de consumo energético como residenciales, industriales y oficinas dependiendo de la administración a la que pertenece, se incluye a continuación la (Figura 2).

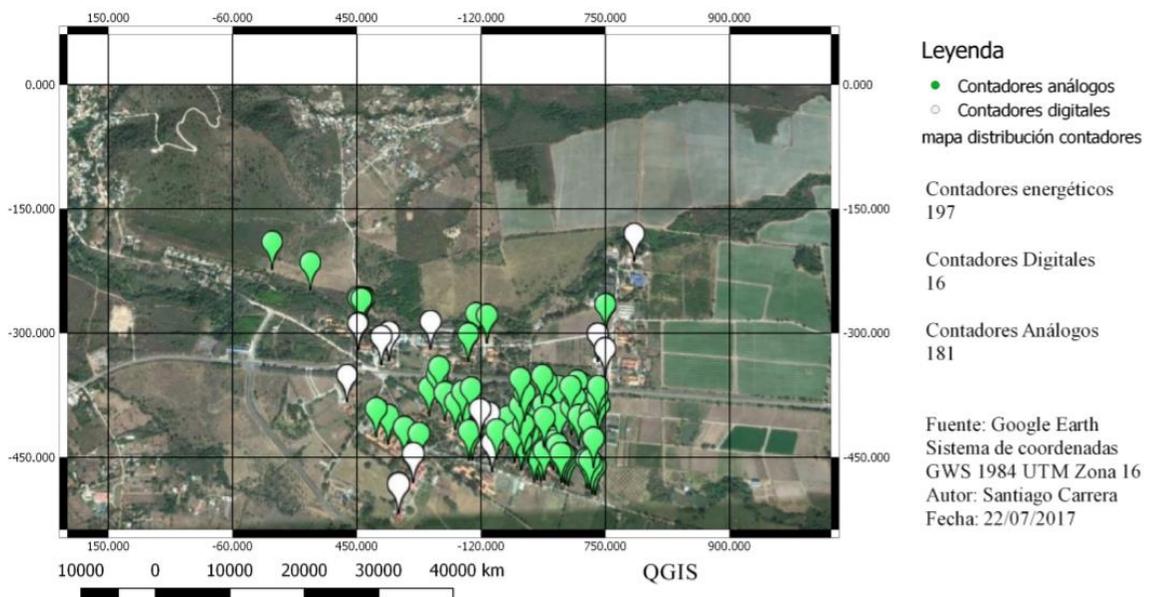


Figura 2. Mapa de distribución general de contadores energéticos en campus Zamorano.

Entre los hallazgos asociados a los contadores se puede mencionar que existen problemas en su distribución. En su mayoría las edificaciones cuentan con su propio contador energético, pero existen sectores en los cuales el control se vuelve un problema ya que no se cuenta con mediciones independientes. Los sectores que comparten contador energético son módulo de Aprender Haciendo de Control Biológico y Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central (Promipac), laboratorios de biología, química y oficinas de curriculum general.

Esta situación también se verificó en la carrera de Agroindustria Alimentaria (AGI) al compartir contador energético entre oficinas administrativas y salón de clases. Finalmente el sector del nuevo edificio de la carrera de Ambiente y Desarrollo (IAD) que comparte un

solo medidor para el consumo energético de las plantas de procesamiento de mieles y derivados, postcosecha y procesamiento de frutas y verduras (Cuadro 1).

Cuadro 1. Edificaciones de Zamorano que comparten contadores energéticos.

Coordenadas UTM		Sector	Edificaciones
X	Y		
499697	1549446	sector 1	Edificio de ambiente y desarrollo, planta de mieles, planta de postcosecha y planta de procesamiento de frutas y verduras.
498937	1549038	sector 2	Oficinas de curriculum general, laboratorio de biología, oficinas de inglés y laboratorio de química.
499662	1549179	sector 3	Oficinas PROMIPAC, módulo control biológico, invernaderos control biológico.
499646	1548245	sector 4	Diagnóstico molecular, cultivo de tejidos y el Proyecto Investigación del Frijol (PIF).
498670	1548630	sector 5	Oficinas carrera de agroindustria alimentaria, laboratorio de análisis de alimentos, laboratorio de nutrición, módulo de procesamiento de granos y semillas.

Dentro del inventario de contadores energéticos se identificó que 16 de ellos son digitales, para los cuales se puede modificar la configuración de internet mediante un cable de transferencia de datos UTP y conectarlos a la red de Zamorano. La mayoría de ellos están instalados en los altos consumidores del campus, las plantas de procesamiento poseen equipos dentro de su producción que necesitan conectarse a voltajes de 440 V, a través de largas jornadas de trabajo el consumo de energía aumenta. Además edificios como Puesto de Ventas, Comedor Estudiantil, Centro Kellogs y el establo de ordeño también poseen contadores con las mismas características. En el Cuadro 2 se detallan aquellos edificios que poseen los contadores digitales Power Logic® PM700.

Cuadro 2. Edificaciones que tienen instalado contador digital Power Logic® PM700.

Coordenadas UTM		Edificación
x	y	
498650	1548410	Planta de Cárnicos
498722	1548525	Planta de Lácteos
498433	1548839	Antigua cafetería Ceda
498467	1549086	Centro Kellogs 1
498457	1549087	Centro Kellogs 2

Coordenadas UTM		Edificación
x	y	
498601	1549054	Puesto de ventas
498572	1549028	Espresso americano externo
498744	1549092	Lavandería
498994	1548717	Comedor estudiantil
499035	1548684	Espresso americano interno
499524	1549028	Planta de semillas
499530	1548981	Planta de concentrados
499683	1549498	Planta hortofrutícola
500834	1549164	Zona III
500894	1548005	Unidad de aves
500310	1548019	Unidad de ganado lechero

Al realizar el análisis de la distribución de los contadores digitales Power Logic® PM700, fue posible identificar que el primer sector se encuentra ubicado entre la Planta de procesamiento de frutas y verduras, Zona 3 y la Unidad de aves. El valor más elevado de distancia se registra entre Zona 3 y Planta de procesamiento de frutas y verduras que es de 1300 m. Conocer las distancias entre contadores facilitó el reconocimiento de problemas al momento de integrarlos a la red de internet (Figura 3).

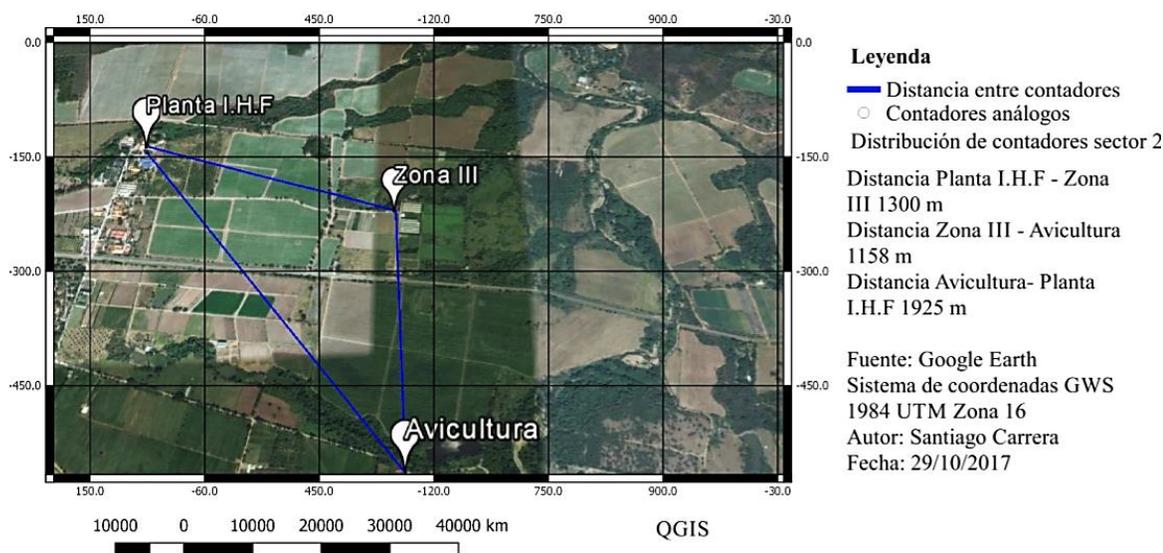


Figura 3. Distribución de contadores digitales Power Logic® PM700, sector 1.

Al momento del estudio se encontraron cinco contadores digitales Power Logic® PM700 que se encuentran en las plantas agroindustriales del campus Zamorano. Se identificó mediante la digitalización de los mapas el sector 2. En el cual sector 2 está incluido uno de

los mayores consumidores de energía en Zamorano; Las plantas de semillas y concentrados y el establo de ordeño. En la Figura 4 se puede identificar que las distancias son 52 m y 350 m, siendo relativamente pequeña en comparación con el sector 1. Por consiguiente en este sector no deberían existir problemas de conexión a red para la generación de datos.

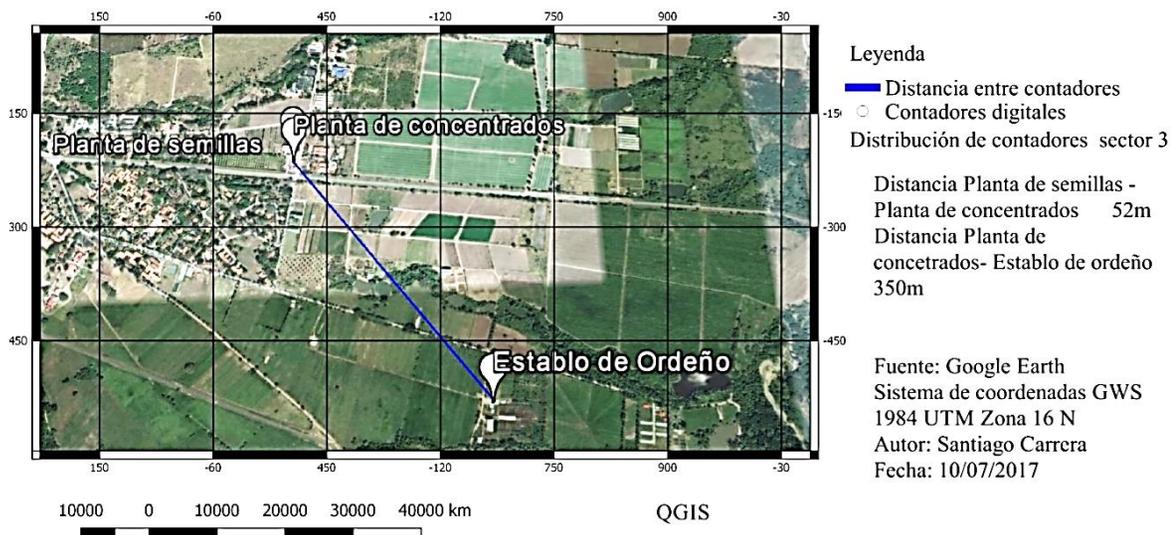


Figura 4. Distribución de contadores digitales Power Logic® PM700, Sector 2.

Dentro del campus central existen edificaciones como el comedor estudiantil, café Espresso Americano y las Plantas de procesamiento de leche y carne pertenecientes a la carrera de Agroindustria Alimentaria (AGI). El sector 3 contempla cinco edificaciones que se encuentran relativamente cercas para la transferencia de datos. La distancia más corta es de 48 m y la más grande 576 m. por lo tanto cumple con los requerimientos para integrarlo al sistema de monitoreo (Figura 5).

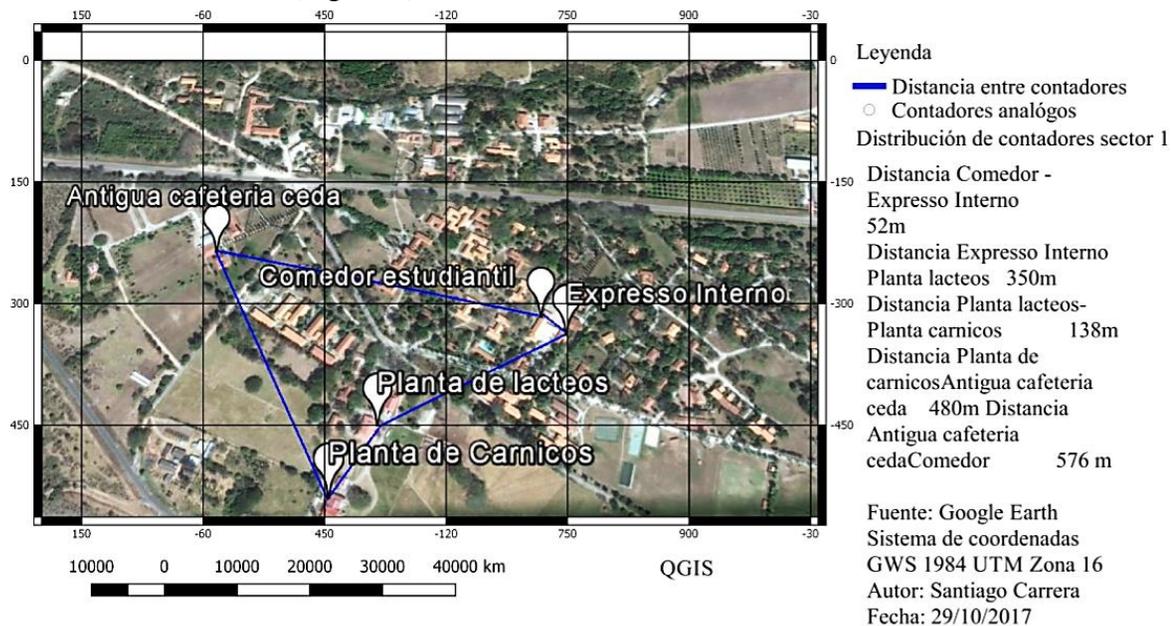


Figura 5. Distribución de contadores digitales Power Logic® PM700, Sector 3.

El último sector está compuesto por edificaciones que no son relevantes en el consumo de energía diario de Zamorano a excepción del Puesto de Ventas y el Centro Kellogs. Las edificaciones se encuentran a distancias inferiores lo que facilitaría la transferencia de datos al servidor final. La mayor distancia entre ellos es de 283 m y la menor de 40 m (Figura 6).

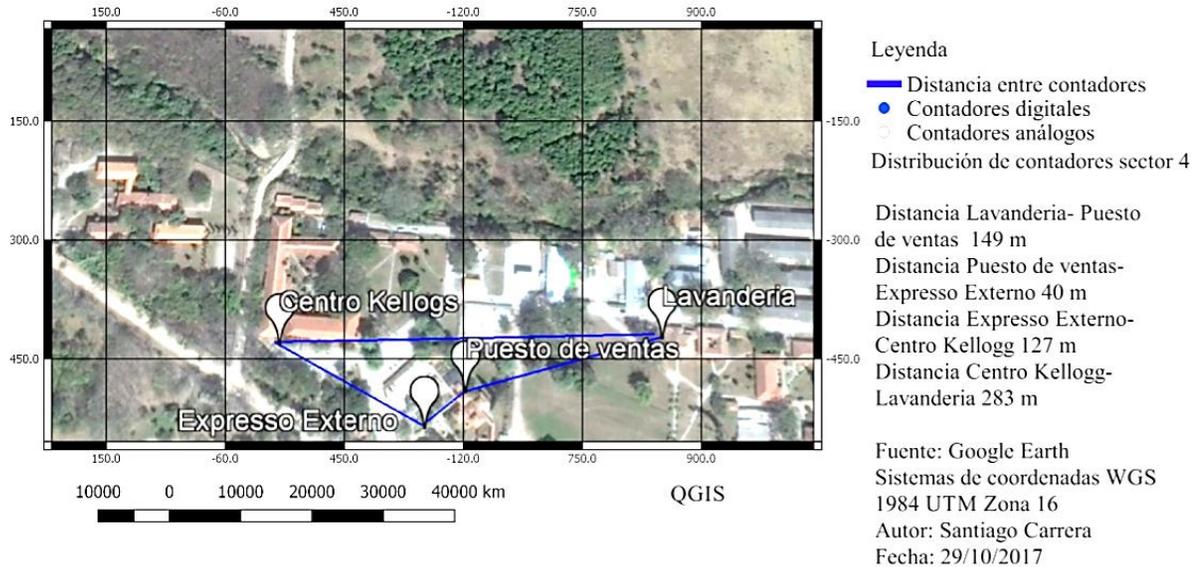


Figura 6. Distribución de contadores digitales Power Logic® PM700, Sector 4.

En el Cuadro 1 se reportaron los sectores que no poseen contador energético. Para tener un control integrado, cada edificio debe tener su contador de control, es necesario fomentar la instalación continua de contadores energéticos a su respectiva edificación. Mediante esto para mejorar la gestión energética de Zamorano, proporcionando información sobre oferta y demanda energética, facilitando una herramienta que permita implementar normas a través de la ISO 50001.

La distribución de contadores digitales podría generar un problema en la obtención de datos y su medio de transferencia hacia una red inalámbrica, wifi o cable UTP. Analizando los requerimientos que son necesarios para integrar un sistema de monitoreo y control, se identificó que los contadores digitales existentes son aptos para el sistema aunque los contadores análogos limitan que se integre totalmente el monitoreo del campus.

Al realizar el inventario fue posible identificar que, de los 197 contadores 181 son análogos lo cual representa el 92% de medios de control, por lo cual la transferencia de datos hacia un servidor es nula, concluyendo que Zamorano se encuentra limitado para el acceso a un sistema integrado. De igual forma los contadores digitales existentes no se encuentran habilitados para el registro y transferencia de datos de forma automatizada, funcionando de igual manera que los análogos. Por consiguiente uno de los planes para fortalecer este

requerimiento es que se inicie habilitando equipo digital disponible y el reemplazo programado de los contadores, priorizando los sectores de alto consumo energético.

Análisis de la demanda energética de Zamorano.

Se analizó los registros de la demanda energética de Zamorano. Planta Física no posee registros de demanda (kW) ya que solo se limitan a consumo de energía (kWh). En cambio los registros de la EEH son más amplios en comparación a los generados internamente, teniendo en cuenta variables como energía reactiva (kVarh), voltajes, amperajes y demanda energética. Los resultados demuestran que, la demanda de Zamorano aumentado en el tiempo y es variable dependiendo del mes. Por consiguiente el único medio de comparación ante los registros de la empresa pública es la factura que llega a Planta Física todos los meses (Cuadro 3 y 4).

Cuadro 3. Promedio mensual de demanda mínima energética (kW) de Zamorano registrado en tres diferentes medios de control.

Medio de control	Meses							
	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	mar-17	abr-17	may-17
ENEE/EEH	330	359	372	428	463	202	249	253
Planta Física	N/D							
Facturación	N/D							

& (N/D) no disponible

Cuadro 4. Promedio mensual de demanda máxima energética (kW) de Zamorano registrado en tres diferentes medios de control.

Medio de control	Meses							
	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	mar-17	abr-17	may-17
ENEE/EEH	535	509	563	660	584	815	809	1026
Planta Física	N/D							
Facturación	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	826	929	1,048

& (N/D) no disponible

Los resultados de los registros demuestran que no existe congruencia entre los datos que registran la empresa pública y la factura que llega a Zamorano. Para los meses de marzo, abril y mayo del 2017 se obtuvo que el dato de facturación es mayor demostrando que el costo de pago sea mayor al registrado por la EEH. Por lo tanto, es necesario que se integre un sistema de monitoreo y control, mediante esto, Planta Física puede generar un registro de la demanda energética de Zamorano evitando futuras anomalías en datos proporcionados por la EEH.

La metodología de facturación que tiene la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENNE) posee dos alternativas. La demanda máxima de energía medida en el mes o que se consuma como mínimo el 85% de la demanda máxima facturada en los anteriores 11 meses registrados. Los usuarios que tengan un consumo inferior a 2500 kW tienen penalización, y el factor de potencia debe ser mayor el 90% (ENEE, 2013).

Suarez y Delgado (2011) señalan que el monitoreo de demanda energética es el primer paso para identificación de problemas en el sistema de distribución. De igual forma demuestran que, para asignar costos al rubro de energía es necesario entender la relación entre demanda (kW) y consumo (kWh). Por lo tanto, un sistema de monitoreo energético servirá como herramienta de control para la toma de decisiones, debe estar sujeta a una administración y análisis de datos que promuevan el desarrollo sustentable, teniendo como resultado reducción de costos por pago de energía e identificar problemas en la distribución de energía.

Análisis del consumo energético de Zamorano.

Los registros proporcionados por Planta Física consisten en datos de medición registrados manualmente, basado en la lectura del mes anterior anotando en la hoja de control la diferencia entre ambos consumos. En cambio la Empresa Nacional de Energía Eléctrica registra datos de consumo (kWh) global en intervalos de 15 min. Los resultados muestran que no existe similitud en los datos registrados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Registro de consumo energético a través de tres medios de control (kWh).

Medio de control	Meses							
	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	mar-17	abr-17	may-17
ENEE/EEH Planta Física	196,206	373,739	264,626	139,732	441,178	356,158	332,963	402,126
Física	123,353	253,015	395,511	242,494	301,422	303,727	154,888	284,413
Facturación & (N/D) no disponible	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	329,000	316,750	411,250

Al realizar el análisis de registros fue posible identificar que, no existe congruencia en los mismos. La empresa pública maneja un método en el cual registra consumo proporcionado por la sub estación que posee Zamorano, en cambio Planta física posee registros manuales realizados los primeros días de cada mes. Para los meses de marzo, abril y mayo 2017 planta física registró datos de consumo energético, teniendo cobertura de registro en comparación a la factura de 92% para marzo, 49% para abril y 69% para mayo. Por consiguiente la falta de un sistema de monitoreo por parte de Zamorano, limita analizar frecuentemente los pagos mensuales en base a los datos generados por la EEH, Planta Física y la factura.

De igual forma, los registros no contemplan el cambio en la dinámica del balance energético a partir de la introducción del parque solar. La introducción de un sistema de monitoreo no solo demostraría consumo y aportación, si no ser el medio de verificación para la creación de políticas de consumo, tarifas diferenciadas, administración de energía por cada edificio, identificación de sectores generadores de picos de consumo en determinada hora del día. En consecuencia, el sistema de monitoreo integrado sería la vía para mejorar la toma de decisiones ante nuevas tecnologías y medidas de eficiencia energética.

Análisis de redes y transferencia de datos.

De acuerdo a la jefatura de operaciones la red que posee Zamorano es de topología tipo estrella, la cual está instalada a través de fibra óptica y cobre con categorías 5 y 6. La fibra óptica es un medio para la transferencia de redes que funciona a través de fibra de cobre que van enterrados en tierra para transmisión de datos de un punto a otro (Abreu, et al., 2009). Como segundo medio de transferencia posee cable UTP. Este medio de comunicación se define como Unshielded Twisted Pair que significa cable trenzado para transmisión de telecomunicaciones de red y de telefonía. Se caracteriza por tener canales de distribución y se monitorea a través de switch en un cuarto de control llamado cuarto de Rack. El número de la categoría significa a la velocidad a la que funciona la red, por ejemplo la categoría 5 puedes trabajar de 100 MHz hasta 250 MHz y la categoría 6 trabaja hasta 10 Gbps de velocidad de transmisión (Joskowicz, 2013).

Los resultados demuestran que dentro de las dos redes que posee Zamorano existen siete usuarios que son: estudiantes, visitas, profesores, salones, IT, empleados, Mobile. Estas redes están segmentadas en cuatro según IT (Cuadro 6). Cada usuario tiene su IP dentro del servidor y su respectivo data center para el control de la misma (Alvarez, Saidel y Hernandez, 2014).

Cuadro 6. Segmentación de la red de Zamorano.

Sector	Edificaciones
172.16	Campus central, Rubén Darío, centrales excepto Barrios.
172.17	Oficinas administrativas, Sucre, Bolívar, maya, Arboretum y Molina.
172.18	Centro Kellogs, decanatura, Planta Física, curriculum general, maquinaria y salones A1 y A2.
172.19	Carrera de Ingeniería agronómica, IAD, control biológico, plantas de semillas, planta de mieles, salón de clases CPA, Promipac.

Fuente: Informática y Tecnología de Zamorano, (IT) 2017

Para la instalación de un sistema de control integrado que tenga como medio de control a los contadores digitales, es necesario transferir los datos a un servidor específico, priorizando en la velocidad de transferencia de datos y la capacidad de almacén del mismo. Para el control horario y generación de datos es recomendable la creación de la plataforma web donde el acceso sea a través de un usuario dado para cada edificación. Por lo tanto el acceso a comunicación de red es necesario para la transferencia de datos. El análisis demostró que Zona 3 no posee conexión de internet y la solución sería integrar comunicación a través de fibra óptica, generando información primaria de prueba para identificar la velocidad de transferencia de datos.

Para el caso de los servidores, el sistema que se instale debe tener características específicas de servidor y su medio de transferencia de datos facilitando la lectura y análisis de los mismos. De igual forma los contadores digitales Power Logic[®] PM700, serían la primera fase para una instalación del sistema, las especificaciones técnicas demuestran que no va existir problemas en el paso y lectura de corriente utilizada. Por consiguiente la transferencia de datos al servidor se realiza conectando a una red inalámbrica o por medio de un puerto con cable UTP.

Identificación de requerimientos para sistema de monitoreo.

Se analizó el sistema de control y gestión de energía que posee Zamorano mediante un análisis FODA. Este análisis se desarrolló incluyendo a los actores dentro la administración de energía, siendo eje fundamental para que el sistema pueda integrarse a futuro dentro de Zamorano. Los resultados del análisis demuestran que, existe un mayor interés institucional en mejorar el plan de gestión ambiental y energía, las oportunidades de integrar datos de la aportación a la matriz energética de todas las Medidas de Eficiencia Energética (MEE) que posee Zamorano, por otra parte como gran debilidad es que si se integra un sistema de monitoreo este no va ser capaz de prevenir eventos naturales y fallas en el sistema de distribución público EEH (Cuadro 7).

Dentro del análisis FODA se pudo identificar que el sistema de gestión energética actual es incompleto, ya que no registra variables energéticas de interés para el análisis posterior como voltaje, intensidad de amperaje y armónicos de las líneas de transmisión. Aunque Zamorano a nivel institucional se encuentra en proceso de fortalecer la gestión ambiental y energética, la integración de conceptos de administración como los descritos en la ISO 50001 fortalecerán la implementación de medidas sistemáticas que resulten en el ahorro energético. Se hace notar que Zamorano ha realizado inversiones en la infraestructura energética como transformadores, bancos de capacitores y líneas de tensión para fortalecer el balance energético y reducir las pérdidas por transmisión. Datos proporcionados por un sistema de monitoreo integrado permitirán validar a detalle el impacto de las diferentes inversiones en este rubro.

Cuadro 7. Análisis FODA del sistema de gestión energética de Zamorano.

		Fortalezas	Debilidades
Origen Interno		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zamorano cuenta con registros históricos de consumo energético mensual de los diferentes sectores que integran el campus. ▪ Zamorano debe incluir al departamento de informática y tecnología (IT), para la administración de datos generados en el monitoreo. ▪ Zamorano tiene un mayor interés en fortalecer los temas de energía a nivel institucional conjuntamente con el plan de gestión ambiental. ▪ Sector Agroindustrial de Zamorano en su mayoría cuenta con los requerimientos de contadores digitales para iniciar con la generación de registros de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de monitoreo integrado debe ser una herramienta de control anexada al sistema de gestión energética de Zamorano. ▪ Una de las limitantes del sistema de monitoreo integrado es que no permite prevenir problemas por eventos naturales y fallas del sistema de distribución EEH. ▪ El actual sistema de registro empleado por Zamorano es incompleto, porque los datos generados solo contribuyen consumos acumulados excluyendo el análisis de otras variables energéticas. ▪ Planta Física en Zamorano realiza un análisis de datos basado en registros acumulados de consumo lo cual limita los planes de mejora estipulados en el plan de gestión ambiental.
		Oportunidades	Amenazas
Origen Externo		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obtener un plan de alerta temprana de desastres y evitar costos adicionales en el mantenimiento de equipos anual. ▪ Integrar la aportación a la matriz energética de las medidas de eficiencia energética y conexión a fuentes de energía renovable como el parque solar. ▪ Definir indicadores de eco eficiencia que ayuden a obtener metas de reducción a corto y mediano plazo. ▪ Validar la facturación que llega a Zamorano. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carencia de herramientas que permitan la validación de estrategias para la implementación de un plan maestro de energía dentro de su plan de gestión ambiental. ▪ Crecimiento en sistemas de generación de energía renovable sin el control apropiado de la energía generada o entregada a la red. ▪ Perder la inversión en el balance de cargas principal por falta de control y monitoreo de infraestructura energética.

Los beneficios que puede generar un sistema de monitoreo integrado dentro de la matriz energética de Zamorano son, calidad de energía en el monitoreo diario, los contadores digitales según el modelos traen funcionalidad para medir este tipo de variables aunque la calidad de energía este normada a nivel nacional. Además, de esto se puede obtener seguimiento por monitoreo de voltaje y amperaje, detectando perdidas de fase además de sobre voltaje y sobre amperaje en equipos de producción o de almacenamiento.

De igual forma se pueden evitar Flicker que es un problema en el suministro de voltaje que se manifiesta como parpadeo en lámparas siendo la causa principal de cansancio a nivel del ser humano. Por consiguiente un sistema de monitero que trabaje conjuntamente con el sistema de gestión de energía permite maximizar el aprovechamiento de la infraestructura energética existente y promueve la mejora del control energético por áreas generando reducción de costos y contribuyendo al desarrollo sustentable de Zamorano.

La implementación de este sistema de control no puede ser una actividad aislada, sino que debe integrarse conjuntamente con las mejoras del sistema de gestión energética de Zamorano. Entre las oportunidades de su adopción también se identifica la detección fallas tempranas en líneas de transmisión, aunque no se logre la prevención de eventos naturales como rayos o problemas con el sistema de distribución de la EEH. Además como parte fundamental de la administración de los datos generados debe fortalecer el rol del departamento de Informática y Tecnología (IT), siendo la transferencia y administración de los registros digitales del monitoreo energético, un servicio proporcionado por esta unidad a la Institución, para garantizar la integridad de datos almacenados. Por consiguiente el sistema de monitoreo integrado para Zamorano formaría parte de las herramientas de control para mejorar paulatinamente el sistema de gestión energética existente.

Dentro de los requerimientos para la instalación de un sistema de control integrado se encuentran los contadores energéticos o medios de control digital, estos inicialmente van a transferir los datos a un servidor. Las principales características son que sean digitales, que puedan conectarse a una red de internet y que se puedan programar para la generación de datos. Los resultados de los análisis fueron que el contador digital marca Schneider Power Logic[®] PM700 posee las condiciones necesarias que necesita el sistema (Cuadro 8).

Para la aplicación de un sistema de monitoreo integrado en Zamorano se debe analizar los siguientes parámetros: Metodología de registro por parte de Planta Física, análisis de red para transferencia de datos, analizar que se cuenta con el equipo de medición apropiado y determinar si la administración de los datos es manejado por el departamento encargado de la seguridad de datos en Zamorano, en este caso la oficina de Informática y Tecnología. Además es necesario obtener la licencia del software de control de la marca schneider para el monitoreo diario, generando inicialmente datos de los 16 contadores digitales existentes. La creación de un comité de energía que sea el que tomé decisiones posteriores al analisis de los datos generados, este comité puede ser un complemento entre Planta Física y las autoridades del Departamento de Ambiente y Desarrollo (IAD).

Cuadro 8. Requisitos de los contadores digitales para la transferencia de datos en un sistema integrado de monitoreo.

Ítem	Descripción
Características de entrada voltaje	Tensión media: 10 a 48V de AC directo y 10 a 277 V de AC directo de línea de baja tensión. Rango de frecuencia 45 a 65 Hz
Características de entrada corriente	Primario ajustable desde 5A a 32.762 A secundario. 10 A continua 50 A durante 10 segundos. Resistencia < 0.1 ohmios
Comunicaciones	RS-485 con tasa de baudios Modbus RTU estándar de 9600 bps a 19200 bps, conexión Wifi y puerto Rj45 con cable UTP.

Es necesario instalar equipo de medición en el sector agroindustrial del campus que aún no lo tienen, para tener registros independientes por cada edificio, generando independencia de datos por edificio. Todos los edificios presentados en el Cuadro 1, necesitan el contador digital para integrar el sistema de monitoreo. En este caso es necesario contar con un medidor bidireccional que pueda ser administrado por Zamorano y facilite la validación de datos generados por la EEH y la demanda del campus. Las mejoras en los requerimientos como el cambio de contadores análogos a digitales y la mejora en el acceso a red, se debe realizar paulatinamente incurriendo en costos elevados como inversión inicial (Cuadro 9).

Cuadro 9. Presupuesto para cambio de contadores análogos a digitales en Zamorano.

Sector	Modelo	Cantidad	Costo unitario (\$)	Inversión
Residencial	EM 3000	96	700.00	67,200.00
Industrial	PM700, PM5000 o PM8000	30	1,700.00	51,000.00
Administrativo	PM5000 o PM8000	55	1,700.00	93,500.00
Principal ENEE	ION 8650 A, mas unidad cobinada de medición	1	20,000.00	20,000.00
Total de Inversión				211,700.00

Analizando todos los requerimientos se concluyó que, se debe cambiar paulatinamente los contadores a digitales para poder tener una generación de datos que alimente el sistema de monitoreo integrado.

Para la mejora de este se calculó una inversión total \$ 211,700.00 dividido en 4 fases dependiendo del sector de mejora, teniendo como prioridad cambiar inicialmente el sector industrial ya que es el que más aporta al consumo de energía (Cuadro 9).

Cuadro 10. Presupuesto de mejoras en la red de internet de Zamorano.

Sector	Modelo	Cantidad	Costo unitario (\$)	Inversión
Industrial	Schneider Electric Power Monitoring expert 8,2, with 10 web access licences for	1	37,000.00	37,000.00
Residencial	above meters			
Administrativo	Fibra óptica multimodo 8 fibras	1	104,008.35	104,008.35
ISV (15%)				5,550.00
Total Inversión				146,558.35

Para la mejora de redes se presupuestó de fibra óptica multimodo de 8 fibras, se calculó los metros necesarios para mejorar el acceso a internet en sectores como el de Zona 3. La inversión para la mejora del sistema de red teniendo en cuenta mano de obra nacional se estipula en \$ 104,008.35. De igual forma para que el sistema tenga la facilidad de acceso a portales web en cada computadora es necesario comprar la licencia del sistema para estos contadores. La inversión total para la licencia del sistema es de \$ 37,000.00, cada vez que se agregue un usuario nuevo a la plataforma de control se debe cancelar un valor adicional de \$ 500.00.

Mediante la Auditoria que se implementó en el 2013 se identificó que, Zamorano tiene un alto potencial para integrar el sistema de monitoreo aunque es necesario mejorar aspectos de red, contadores digitales y metodología para administrar el recurso energético (BID, 2013). El sistema actual debe ser mejorado, mediante una versión más reciente del software de control, añadiendo contadores digitales en otros lugares sensibles al consumo de energía. De esta manera se asegura la conectividad de todos los contadores a la base de datos central con la capacidad de analizar los datos recogidos para lograr ahorros.

4. CONCLUSIONES

- El inventario de contadores demostró que solo el 8% de ellos son aptos para la transferencia de datos, determinando que la mayor inversión de Zamorano para obtener un sistema integrado de monitoreo es cambiar periódicamente los contadores actuales a contadores Power Logic® PM700 y mejorar el acceso a red para la transferencia de datos asegurando su registro en el servidor.
- Los mecanismos de registro energético interno aplicado por Zamorano son incompletos, ya que no logran registrar el 100% de la demanda por parte de los consumidores; además no cuenta con los mecanismos para analizar variables energéticas como voltajes, armónicos y la relación entre energía reactiva y activa., necesarias para obtener una administración sostenible.
- El análisis FODA presenta la oportunidad de fortalecer el sistema de gestión ambiental mediante la implementación de un plan maestro de energía, que a su vez requerirá de la implementación de un sistema de monitoreo energético como herramienta técnica para la toma de decisiones.
- El análisis de los requerimientos para la implementación del sistema demostró que la mayor inversión son el cambio paulatino de contadores en todos los sectores del campus, sin embargo, será necesario definir los mecanismos de transferencia y administración de datos generados, para el acceso oportuno por el personal involucrado en la gestión energética del campus.

5. RECOMENDACIONES

- Solicitar al comité de energía analizar los datos generados, contribuyendo a la generación de políticas y procedimientos orientados al uso eficiente de los datos de monitoreo.
- Crear una política energética para el control de consumo energético donde se incentive al que menos consumo genere en el mes, esto ayudara a la adopción de tecnologías más amigables con el ambiente, además de la reducción de emisiones de CO₂ por el consumo de energía provenientes de centrales térmicas.
- Habilitar los contadores digitales existentes para iniciar con la generación de datos, que permita establecer los mecanismos apropiados para el análisis de factores que influyan en la integridad del sistema como conexión a red de internet, licencia del software de control y administración de datos por parte de IT.
- Establecer un sistema de registros al departamento de informática y tecnología (IT) la provisión del servicio de registro y transferencia de datos para el mantenimientos del sistema de monitoreo integrado, de forma que Planta Física sea usuario de la información administrada por esta unidad.
- Realizar un plan de inversión para mejorar el funcionamiento de los requerimientos planteados, haciendo énfasis en la red ya que este será el medio de transferencia de datos hacia el servidor administrado por IT.
- Instalar medidores Power Logic[®] PM700 en las edificaciones que no poseen, haciendo énfasis en los sectores de alto consumo energético, generando datos de consumo para la toma de decisiones por parte del comité de energía.

6. LITERATURA CITADA

- Abreu, M., Castagna, A., Cristiani, P., Zunino, P., Roldós, E., & Sandler, G. (2009). Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH). Memoria de trabajos de difusión científica y técnica, pp 38-46.
- Alvarez, L. J. (2010). El cambio climático y el desarrollo. *Ingeniería Industrial* 28, 25-39. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428494003>
- Banco Mundial. (2017). *Banco Mundial*. Recuperado el Julio de 2017, de Banco Mundial: <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.CO2.ETOT.ZS>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). Energy audit of Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. *Banco Interamerica de Desarrollo*, pp 4-56.
- Cabrera, S., & Ruiz, F. (2012). Consumo energético per cápita y tamaño poblacional bajo una perspectiva biofísica. *Multiciencias*, pp 12.
- Campos Avella, J. C., Prías Caicedo, O. F., Quispe Oqueña, E. C., Vidal Medina, J. R., & Lora Figueroa, E. D. (2008). El MGIE, un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional. *El hombre y la máquina*, pp 30-45.
- Mar-Cornelio, O., & Caedentey-Moreno, N. (2016). Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas. *Ingeniería Industrial*, 37(2), 190-199. trabajos de difusión científica y técnica, pp 38-46.
- Delgado, C. C. (2013). Propuesta de implementación de un sistema de gestión ambiental para campus universitario. *POLIANTEA*, pp 23-30.
- EIA. (5 de Enero de 2017). *Energy International Association*. Recuperado el 7 de Junio de 2017, de <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>
- ENEE. (2013). *Empresa Nacional de Energía Eléctrica, Honduras*. Recuperado el 22 de Mayo de 2017, de Pesic, Org: <http://www.pesic.org/Archivos%20de%20Descarga/Otros%20doc%20de%20Interes/Tarifas%20ENEE%20Vigentes.pdf>
- Häfele, W. (2005). La demanda de energía. *Conferencia científica pronunciada en la vigésima primera reunión ordinaria de la conferencia general del organismo de energía atómica, XIX(6)*, 21-37. Recuperado el 6 de Junio de 2017, de IAEA, Org: https://www.iaea.org/sites/default/files/19604082137_es.pdf

- Ortega, E. M. I. (2012). Redes de comunicación en Smart Grid. *Ingenius*, pp 7-12.
- Joskowicz, J. (2006). Cableado estructurado. Mexico. *Revista Scielo*, pp 12-19.
- Paul, K., & Lydenberg, S. D. (1992). Applications of corporate social monitoring systems;types, dimensions, and goals. *Journal of Business Ethics*, pp 1-10.
- Organización Internacional de Normalización. (junio de 2011). *Organización Internacional de Normalización*. Obtenido de ISO
https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso_50001_energy_management_systems.pdf
- Rodríguez, J. F.A. (2014). La importancia de los sistemas de gestión de la energía en la consecución de los objetivos de mejora de la eficiencia energética. *Dínamo Técnica*, pp 7-14. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de Dialnet:
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4891462>
- Saiz, J. (7 de Enero de 2016). *Otro mundo posible*. Recuperado el 9 de Mayo de 2017, de Consumo de energía eléctrica y cambio climático: Disponible en:
<http://www.otromundoesposible.net/consumo-de-energia-electrica-y-cambio-climatico/>
- Suarez , F. A., & Delgado, T. E. (Agosto de 2012). Modelo de gestión de demanda energética usando tecnologías inalámbricas. *Scientia et Technica*, *VVII*(51), 175-180. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4272316>
- Vega, A. M., Santamaría, F., & Rivas, E. (2014). Internet de los objetos empleando arduino para la gestión eléctrica domiciliaria. *Escuela de Administración de Negocios*, pp 77-88.
- Yanes, J. M., & Gaitan , O. (2005). Herramientas para la gestión energética empresarial. *Scientia et Technica*, *III*(29), 169-174. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4834188>

7. ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto de mejoras en los requerimiento de un sistema de monitoreo integrado en Zamorano en USD.

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo material	Costo total material	Costo mano de obra	Costo total mano de obra
Cable de 8 fibras multimodo	Metros	4600	1.90	8,740.00	3.89	17,894.00
Jumper	Unidad	300	1.30	390.00	0.45	135.00
Cable acometida interna	Metros	13800	1.20	16,560.00	2.20	30,360.00
Splitter 1:4	Unidad	10	7.50	75.00	2.30	23.00
Splitter 1:8	Unidad	1	8.40	8.40	2.60	2.60
Splitter 1:16	Unidad	25	15.00	375.00	2.70	67.50
Caja de paso para edificio	Unidad	25	24.75	618.75	2.02	50.50
Modulo OLT (Servidor)	Unidad	1	1,400.00	1,400.00	220.00	220.00
Cajas de empalme	Unidad	15	43.50	652.50	21.80	327.00
Rack de 19 pulgadas	Unidad	1	180.00	180.00	80.00	80.00
Repartidor ODF	Unidad	7	135.00	945.00	22.80	159.60
Roseta optica	Unidad	10	38.00	380.00	13.45	134.50
ONT	Unidad	10	90.00	900.00	25.00	250.00
Máquina de empalme	Unidad	1	3,800.00	3,800.00	380.00	380.00
Conector SC/APC	Unidad	450	1.15	517.50	0.85	382.50
Interfase EGX por medidor	unidad	0	675.00	-	125.00	-
Schneider Electric PME8.2 para PM700	Unidad	1				18,000.00
Total parcial				35,542.15		68,466.20
Total Inversión						104,008.35

Anexo 1.

a+b	254,250.00
INVERSION	
total (investment) A+B+C	358,258.35

FACTURA DE ENERGIA	
factura mensual Lps (energía más demanda)	1,500,000.00
anual Lps.	18,000,000.0
anual USD	769,230.77

COSTOS POR DEMANDA MAXIMA		
Demanda máxima registrada por mes	1,017.00	Kw
Costo demanda Lps.	252.00	Lps/kW
Costo total mensual	256,280.95	Lps/kW
Costo total mensual	10,952.18	
Costo total anual	131,426.13	

Proyected annual savings based on targets/energy management	USD
10% anual savings on demand	13,142.61
10% savings on kwh	63,780.46
TOTAL AHORRO POR AÑO	76,923.08
TOTAL AHORRO POR 5 AÑOS	384,615.38

***Nota:** Por cada usuario nuevo que requiera integrarlo al sistema se debe realizar un pago único de 500.00 dólares

Anexo 2. Distribución de contadores energéticos análogos en campus Zamorano.

Coordenadas UTM		Edificación
X	Y	
499540	1549171	Isidro Matamoros
499541	1549170	Donaldo Chávez
498941	1549034	John Jairo Hincapié
498940	1549034	Cynthia Brenes
498940	1549035	Dra. Adela Acosta
499022	1549117	Marco Granadino
498974	1549124	Erika Tenorio
498951	1548798	Raul Espinal
498914	1548783	Edward Moncada
498884	1548738	Rogel Castillo
498732	1548605	Jorge Cardona
498670	1548630	Luis Osorio
498662	1548602	Willian Jovanny Pedraza
498873	1548668	Yasmin Ramírez
499122	1548539	Milton Zeballos
499041	1548564	Ing. Francisco Robles
498642	1548651	Carlos Jemio
498616	1548672	Rommel Reconco
498607	1548676	Cinthia Cano (EABS)
498602	1548680	Ligia Contreras
498477	1549186	Raúl Zelaya
498479	1549182	Ana Perdomo/Lesly Arias
498474	1549185	Jeffrey Lansdale
498471	1549185	Patricio Paz
498465	1549190	Claudia García
498460	1549187	Ing. Marco Vega
498537	1549173	Renán Pineda
498549	1549172	Ing. Jorge Chavarría
498612	1549124	Ing. Alejandra Sierra
498623	1549125	Laura Suazo
498765	1549082	Ing. Jaime Nolasco
498803	1549088	Eduardo Mora
498855	1549143	Juan Carlos Flores
498858	1549156	Rosa Amada Zelaya
498789	1549135	Martin Schwartz
498841	1549097	Martin Leal Plata
498746	1549127	Marielena Moncada
498858	1549046	Ing. Carlos Santos

Anexo 2.

Coordenadas	UTM	Edificación
X	Y	
498805	1548860	Oliver Komar
498774	1548851	Daniela Navarrete
498782	1548851	Lic. Mario Cenoli
498767	1548801	Maestros escuela Alison
498833	1548840	Julio Lopez
498813	1548887	Jacob Vázquez
498911	1548718	Ing. Ramón Robles
498942	1548761	Jesús Orozco
499052	1548679	Juan Ramón Licona
498949	1548616	Casa Vélez (Dr. Luis Osorio)
499069	1548732	María Bravo
499047	1548827	SR. Isaí Pineda
499056	1548529	Maestros escuela Alison
499242	1548525	Zuleyma Peña
499242	1548591	Ludovic Bouilly
499352	1548467	Gloria de Gauggel
498633	1548652	Ing. Juan Carlos Ordoñez
498559	1548704	Adriana Di-Lorio
498557	1548695	Josue Anibal León
498540	1548706	Martha Calix
498548	1548712	Dr. Abelino Pitty
498554	1548713	Casa Molina
498618	1548653	Mayra Márquez
498618	1548653	Antes Adela Acosta
501103	1547257	Carolina Valladares
501146	1547686	Eric Pierre Van Den
501171	1547791	Adriana Hernández
500296	1548040	Carla Garcés
498580	1548658	Ana Hernandez
498580	1548658	Milton Flores
499046	1548613	Nicolaus Zimmer
499129	1548594	Lic. Paul Stufkens
499176	1548641	Sandra Espinoza
499074	1548699	Cristian Quispe
499144	1548712	Juan Padilla
499211	1548688	Emmanuel Torres

Coordenadas UTM		Edificación
X	Y	
499259	1548851	Wilmer Figueroa
499270	1548840	Antes Abel Gernat
499322	1548829	Carrera de ciencia y producción agropecuaria
499408	1548766	Edificio Citesgran
499431	1548830	Planta Piloto
499479	1548818	Edificio Roberto Carmona
499482	1548771	Lab. Analisis de alimentos
499434	1548752	Residencia Washington
499485	1548739	Promipac
499448	1548692	Aulas magistrales # 1
499449	1548694	Residencia Mora
499457	1548585	Residencia Cabañas
499392	1548697	Antena Tigo
499389	1548728	AGI (administrativo)
499314	1548683	Residencia Arboretum
499278	1548665	Lab. Microbiología
499279	1548596	Edificio principal 1
499284	1548593	Edificio principal 2
499292	1548581	Aulas magistrales # 2
499297	1548577	Dormitorios Arboretum (Nuevo)
499308	1548570	Dormitorios Arboretum (Maya)
499313	1548568	Acuacultura
499334	1548541	AGN
499341	1548537	Aires acondicionados herbario
499353	1548530	Residencia Delgado
499356	1548526	Residencia Molina
499237	1548658	Beta Arboretum
499206	1548622	Bomba de riego oukchy
499178	1548589	Lab. Inglés y Química
499156	1548560	Residencia Morazán
499434	1548489	Escuela Alison Stone (Ceda)
499435	1548488	Residencia Arboretum # 4
498838	1548677	Residencia Barrios
498804	1548721	Residencia Rubén Darío
498578	1548663	Librería ceda
498578	1548663	Cooperativa Sagrada Familia
498578	1548663	Residencia Maya
498578	1548663	Zona II
498578	1548663	Lab. Control Biológico

Coordenadas UTM		Edificación
X	Y	
498578	1548663	Residencia Arboretum # 6
498578	1548663	Mantenimiento
498329	1549195	Abarrotería Jamz
498327	1549191	Kiosko
499569	1549004	Cajero automático
499630	1548930	Granja porcina
499653	1548951	Biblioteca
499663	1549157	Recursos humanos
499580	1549205	Banco Occidente
499652	1549342	Clínica Medica
499693	1549448	Escuela Alison B.
498588	1548649	IAD
500863	1549199	Bomba PIF
500860	1549161	Edificio principal 3
500860	1549197	Smith falck
500297	1548032	Apartamentos solteros 1
498446	1548469	Clínica medica
498434	1548492	Planta física
498687	1548390	Laboratorios y Cbs.
498041	1549411	Apartamentos solteros 2
498011	1549422	Aula básicas
497974	1549426	Apartamento Lester Morales
497952	1549440	Edificio Horticultura
497929	1549449	Aulas C. y Básicas
497906	1549453	Escuelita Allison B.
497881	1549455	Salones Cb7, 8 y 9.
497780	1549480	Gasolinera
497747	1549487	Taller de mecánica
497715	1549496	Cancha de tenis
497690	1549456	Apartamento Karina Peña
497665	1549465	Comedor ceda
497639	1549471	Bomba cancha de futbol
498157	1549308	Casa de huéspedes
500093	1549616	Maquinaria agrícola
499727	1548378	Salón de clases CPA
498078	1548461	Casa Popeone
498578	1548663	Apto. Centro Kellogs # 4
498329	1549195	Oficina AGN
498327	1549191	Salones de clases matemáticas

Coordenadas UTM		Edificación
X	Y	
499569	1549004	Apto. Centro Kellogs # 6
499630	1548930	Gimnasio
499389	1548728	Aprender haciendo # 1
499314	1548683	Oficina Maquinaria Agrícola
499278	1548665	Apto. Centro Kellogs # 2
499279	1548596	Apto. Centro Kellogs # 2
498949	1548616	Sala de estudio Arboretum
499069	1548732	Apartamento Naming Herrera
499047	1548827	Fernando Gonzales
499056	1548529	Aprender haciendo # 2
499242	1548525	SAS
499242	1548591	Luces pasillo maya
498557	1548695	Ingenieria en ambiente y Desarrollo
498540	1548706	Apto. Centro Kellogs # 3
498548	1548712	Salón # 12
498554	1548713	Apto. Centro Kellogs # 3
498618	1548653	Sala de estudio Arboretum (nueva)
498618	1548653	Planta alta
498940	1549035	Vivero de plantas
499022	1549117	Dennis Ramírez
498974	1549124	Maya hombres
498951	1548798	Maya mujeres
498914	1548783	Bomba hidroneumático
498612	1549124	Palacio de las herramientas
498623	1549125	Residencia Bolívar
498765	1549082	Bodega del ceda
498803	1549088	Juan Antonio Ruano
493205	1549126	Registro Estudiantil

Anexo 3. Especificaciones técnicas contadores energéticos Power Logic® PM700.

Central de medida 700 PowerLogic™ Manual de referencia

63230-501-219A1

Manual de instrucciones



Anexo 3.

SECCIÓN 1—INTRODUCCIÓN

EQUIPO FÍSICO DE LA CENTRAL DE MEDIDA

La Figura 1-1 siguiente muestra los componentes de la central de medida 700. La Tabla 1-1 describe cada uno de los componentes.

Figura 1-1: Componentes de la central de medida 700

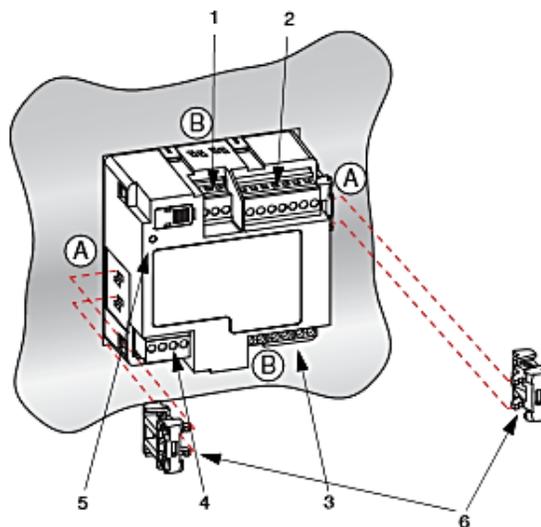
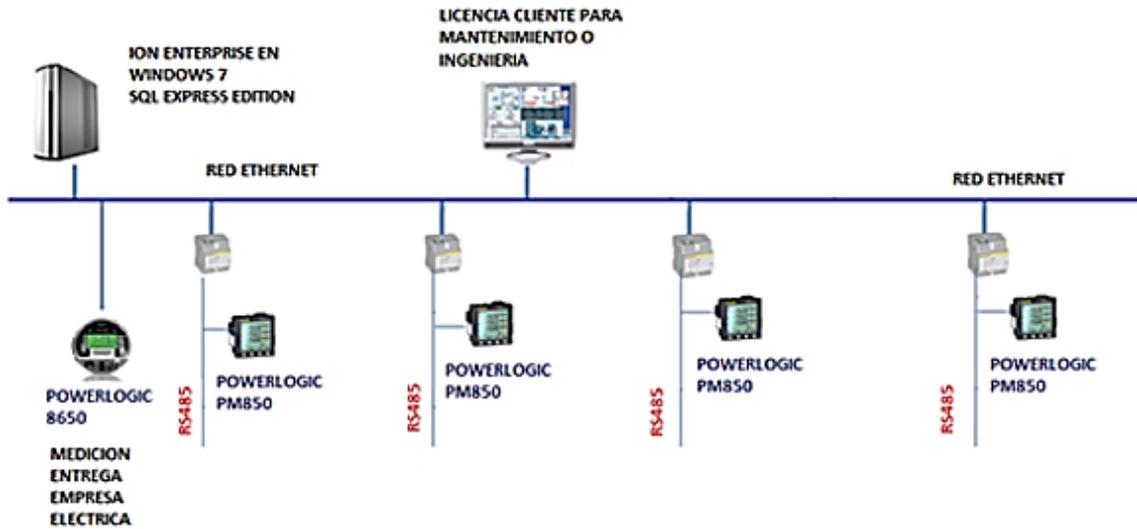


Tabla 1-1: Componentes de la central de medida

Número	Pieza	Descripción
1	Conector de alimentación	Conexión de alimentación a la central de medida.
2	Entradas de tensión	Conexiones de medición de tensión.
3	Entradas de intensidad	Conexiones de medición de intensidad.
4	No uso	Conector no usado en este modelo.
5	LED	Fijo - DESCON/CONEC. Parpadeante - indicador de comunicaciones.
6	Pinzas de fijación	Se utilizan para sujetar en su sitio la central de medida.
A	Ranuras de fijación, posición A	Utilizadas para ubicaciones de instalación de grosor inferior a 3 mm.
B	Ranuras de fijación, posición B	Utilizadas para ubicaciones de 3 - 6 mm.

Anexo 4. Elementos necesarios para implementar un sistema de monitoreo integrado en Zamorano



Fuente: (BID, 2013).

Anexo 5. Formato de control energetico realizado por Planta Física para Zamorano.

ZAMORANO
DIRECCION DE PLANTA FISICAY SERVICIOS
RESUMEN ENERGIA ELECTRICA CAMPUS ALTO Y CENTRAL 2016

No	No CASA	RESIDENTE VIVIENDA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO
41	1254	Isidro Matamoros	1256	846	829	856	952	864	823	1097	1278	1027	1386	1188	1,033.50
39	1233	Donaldó Chávez	861	741	950	851	948	735	924	788	785	717	863	804	830.58
30	1239	John Jairo Hincapie	766	690	862	818	879	728	795	822	864	858	1197	644	826.92
8	1280	Cynthia Brenes	763	620	806	707	850	720	822	862	933	680	1035	833	802.58
32	1255	Dra. Adela Acosta	49	225	706	526	756	596	889	931	1077	1016	1360	1164	774.58
40	1234	Marco Granadino	849	461	532	550	635	692	682	782	816	788	1123	937	737.25
25	1241A	Erika Tenorio	853	656	712	634	661	656	663	705	726	706	729	618	693.25
12	1217	Raul Espinal	733	508	616	542	640	662	671	697	512	498	649	732	621.67
45	1135	Edward Moncada	777	557	662	592	791	576	521	533	591	577	654	550	615.08
6	1210	Rogel Castillo	687	483	591	542	609	588	561	573	601	616	665	539	587.92
33	1223	Jorge Cardona	631	441	540	541	583	475	487	655	672	662	934	103	560.33
37	1252	Luis Osorio	690	490	740	626	711	626	578	589	636	575	0	456	559.75
19	1235	Willian Jovanny Pedraza	813	576	658	566	668	335	357	514	540	528	588	525	555.67
1	4111	YASMIN RAMIREZ (EABS)	553	497	743	668	866	273	74	733	762	523	650	270	551.00
5	1109	Milton Zeballos	420	450	1053	540	563	219	771	470	594	471	586	346	540.25
6	4117	ING. FRANCISCO ROBLES	471	444	508	502	571	504	507	584	635	578	582	510	533.00
16	1258	Carlos Jemio	565	413	527	488	563	474	507	519	556	557	624	532	527.08
35	1226	Ronmel Reconco	557	386	484	433	491	510	596	514	564	485	647	573	520.00
9	4139	CINTHIA CANO (EABS)	463	393	474	473	560	395	430	513	593	498	549	477	484.83
23	1241C	Ligia Contreras	468	315	362	348	469	473	460	549	485	450	616	507	458.50
42	1237	Raul Zelaya	373	357	417	373	500	452	472	458	496	491	612	490	457.58
7	1214	Ana Perdomo/Lesly Arias	552	420	479	395	471	360	415	428	485	432	614	384	452.92
2	1201	Jeffrey Lansdale	392	253	514	408	529	572	453	449	426	417	516	348	439.75
44	1230	Patricio Paz	536	400	451	416	498	369	386	403	529	466	566	188	434.00
11	1215	Claudia García	468	378	497	319	572	373	383	423	400	380	485	453	427.58
31		ING. MARCO VEGA	423	341	454	393	441	278	309	448	525	438	590	403	420.25
38	1251	Renan Pineda	739	547	721	644	723	147	0	0	16	13	743	740	419.42
2	4112	JORGE CHAVARRIA	304	275	588	698	571	312	393	377	361	286	444	311	410.00

Anexo 6. Formato de control energetico realizado por la Empresa Nacional de Energia Electrica (ENEE) para Zamorano.

ESC. AGRIC. PANAMERIC.				RTP	175	RTC	10	MULT	1750	CLAVE	27772	UBICACIÓN	001-803-100
Hora	Status	kWh	kVARh	Va	Vb	Vc	Ia	Ib	Ic	FATOR DE POTENCI	DEMANDA KW		
11/12/2014 19:00		118.65	25.2	19,895	20,204	20,006	8.1	7.5	10.0	0.98	475		1898.40
11/12/2014 19:15		115.7625	25.9875	20,024	20,339	20,169	7.9	7.4	9.6	0.98	463		1852.20
11/12/2014 19:30		110.775	25.9875	20,164	20,484	20,315	7.8	6.5	9.4	0.97	443		1772.40
11/12/2014 19:45		113.925	24.675	20,000	20,298	20,146	8.3	6.8	9.4	0.98	456		1822.80
11/12/2014 20:00		117.6	25.9875	20,140	20,438	20,292	8.8	6.8	9.4	0.98	470		1881.60
11/12/2014 20:15		114.1875	23.625	20,059	20,339	20,216	8.5	6.4	9.5	0.98	457		1827.00
11/12/2014 20:30		118.125	27.0375	20,210	20,461	20,356	8.6	6.8	9.7	0.97	473		1890.00
11/12/2014 20:45		111.5625	24.9375	20,146	20,368	20,274	8.1	6.7	9.2	0.98	446		1785.00
11/12/2014 21:00		105.525	20.7375	19,860	20,076	19,971	8.0	6.1	8.8	0.98	422		1688.40
11/12/2014 21:15		106.8375	22.8375	20,088	20,274	20,187	7.8	5.9	9.2	0.98	427		1709.40
11/12/2014 21:30		108.15	24.15	20,210	20,368	20,292	7.9	6.3	9.0	0.98	433		1730.40
11/12/2014 21:45		107.3625	23.8875	20,216	20,356	20,286	7.7	6.0	9.2	0.98	429		1717.80
11/12/2014 22:00		100.5375	21.525	19,994	20,129	20,053	7.3	5.6	8.7	0.98	402		1608.60
11/12/2014 22:15		100.0125	23.1	20,012	20,129	20,059	7.4	5.4	9.0	0.97	400		1600.20
11/12/2014 22:30		98.9625	24.4125	20,076	20,175	20,105	7.6	4.8	9.2	0.97	396		1583.40
11/12/2014 22:45		98.4375	23.3625	20,088	20,164	20,088	7.4	4.9	9.1	0.97	394		1575.00
11/12/2014 23:00		95.025	20.475	19,994	20,070	19,965	7.2	4.6	8.8	0.98	380		1520.40
11/12/2014 23:15		94.5	22.05	19,971	20,064	19,942	7.2	4.5	8.9	0.97	378		1512.00
11/12/2014 23:30		89.25	21.525	20,000	20,094	19,977	7.0	3.9	8.7	0.97	357		1428.00
11/12/2014 23:45		88.2	21	19,983	20,076	19,960	6.8	4.0	8.5	0.97	353		1411.20
sumatoria		105.669375	23.625	20056.5991	20245.2319	20132.9852	7.77518	5.84934	9.1637	0.97574223	422.6775		33814.2